



Научно-исследовательский центр «Планета»
Дальневосточный центр

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ ОСАДКОВ ПО ДАНЫМ ГЕОСТАЦИОНАРНОГО КА HIMAWARI-8

Докладчик: Андреев Александр Иванович

Восемнадцатая Всероссийская Открытая конференция
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»

г. Москва, 16 - 20 ноября 2020 г.

Краткосрочное прогнозирование осадков с высоким пространственным и временным разрешением является одним из наиболее активно исследуемых направлений в настоящее время.

Однако в условиях редкой сети наземных наблюдений на Дальнем Востоке значительно возрастает роль информации, получаемой по данным геостационарных космических аппаратов (КА). В связи с этим возникает потребность в разработке алгоритма для оценки интенсивности осадков с использованием спутниковых наблюдений.



Настоящая работа посвящена разработке метода, позволяющего детектировать потенциально осадкообразующую облачность и производить оценку интенсивности осадков для последующей разработки алгоритма прогнозирования.

Цель исследования:

Обеспечить возможность количественной и качественной оценки осадкообразующей облачности с высоким пространственно-временным разрешением для прогнозирования осадков и опасных погодных явлений на территории Дальнего Востока.

Задачи исследования:

- Исследование теоретических аспектов работы, анализ существующих решений;
- Формирование обучающих и валидационных наборов данных с использованием моделей численного прогнозирования, наземной и спутниковой информации;
- Разработка программного комплекса для обучения нейросетевого алгоритма и его дальнейшего использования для построения карт интенсивности осадков;
- Исследование возможностей для улучшения действующего алгоритма;
- Валидация полученных результатов с использованием данных радиозондирования атмосферы.

Используемая методика:

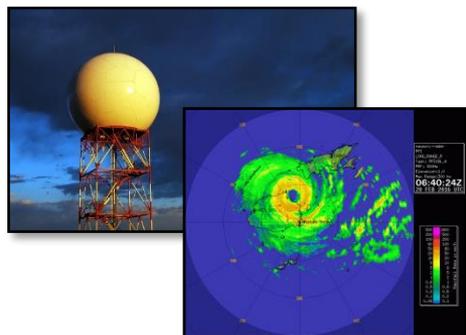
Спектрально-текстурный подход на основе нейронных сетей сверточного типа.

Основные положения

Подходы к измерению интенсивности осадков

Наземные измерения

Метеорологические радары



- Оперативность, высокое пространственное и временное разрешение
- Получение вертикального среза атмосферы
- Эффективный радиус действия менее 250 км

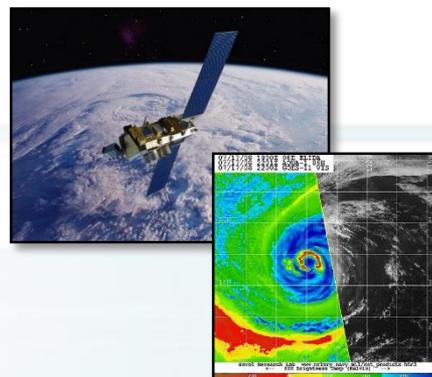
Плювиографы (осадкомеры)



- Высокая точность измерений
- Не подходят для оперативной работы
- Требуется очень большая сеть измерительных приборов на всей территории

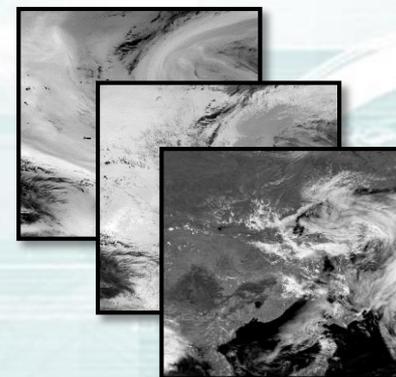
Спутниковые приборы

Микроволновый диапазон



- Оперативное получение информации на большой территории
- Получение вертикального среза атмосферы
- Малая частота съемки
- Практически не подходят для наукастинга

Видимый и ИК диапазон



- Оперативное получение информации на большой территории
- Высокое пространственно-временное разрешение
- Недоступна информация в вертикальном срезе атмосферы

Основные положения

Для умеренных широт справедливо, что:

- Рост капель в облаке связан с конденсацией перенасыщенного пара, зависит от температуры воздуха и вертикальной скорости движения воздуха;
- Осадки выпадают, в основном, при смешанном фазовом состоянии воды в облаке;
- Обложные осадки связаны с барическими образованиями – адвекцией теплого воздуха, с областями наибольшего падения давления у земли;
- Имеется зависимость фазового состояния осадков от высоты изотермической поверхности 0° и температуры у поверхности земли;
- Морозящие осадки образуются из слоистой облачности St при температуре около 0° у поверхности земли; в холодное время года – в результате адвекции теплого воздуха с океана на материк;
- Ливневые осадки образуются из кучево-дождевых облаков Cb под воздействием конвективных вертикальных движений в неустойчиво стратифицированных областях;
- Осадки выпадают с момента начала кристаллизации (изотермическая поверхность -10°).

Учет этих и многих других положений возможен только при использовании численных прогностических моделей.

Основные положения

Исходя из анализа действующих в настоящее время алгоритмов можно сделать выводы:

- ✓ Температура на верхней границе облачности в основном коррелирует с количеством осадков высокой интенсивности (канал 11 мкм) [1, 2, 6];
- ✓ Текстурные признаки увеличивают точность детектирования осадкообразующей облачности [1, 3];
- ✓ Мультиспектральный подход существенно более эффективен, чем подход на основе единственного ИК канала [1, 3]
- ✓ Нейросетевые алгоритмы на основе сверточных сетей CNN превосходят по точности пороговые методики, полносвязные нейронные сети, линейную регрессию, метод ближайшего соседа, алгоритмы на основе деревьев решений (Decision Trees) и опорных векторов SVM [4, 5].
- ✓ Использование модельных параметров, указывающих на неустойчивость атмосферы (индекс CAPE и др.), повышает точность [3, 4, 6]. Кроме того, также необходимо учитывать рельеф рассматриваемой местности.

[1] Behrangi A. et al. PERSIANN-MSA: A precipitation estimation method from satellite-based multispectral analysis //Journal of hydrometeorology. – 2009. – Т. 10. – №. 6. – С. 1414-1429.

[2] Arkin P. A., Meisner B. N. The relationship between large-scale convective rainfall and cold cloud over the western hemisphere during 1982-84 //Monthly Weather Review. – 1987. – Т. 115. – №. 1. – С. 51-74.

[3] Hayatbini N. et al. Conditional Generative Adversarial Networks (cGANs) for Near Real-Time Precipitation Estimation from Multispectral GOES-16 Satellite Imageries—PERSIANN-cGAN //Remote Sensing. – 2019. – Т. 11. – №. 19. – С. 2193.

[4] Pan B. et al. Improving precipitation estimation using convolutional neural network //Water Resources Research. – 2019. – Т. 55. – №. 3. – С. 2301-2321.

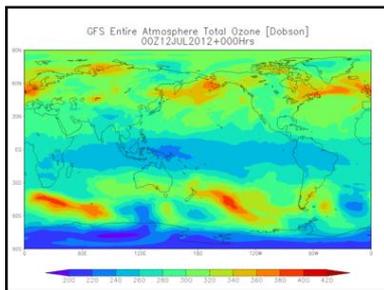
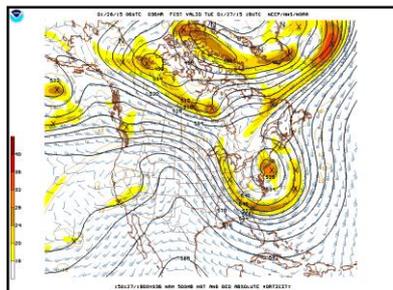
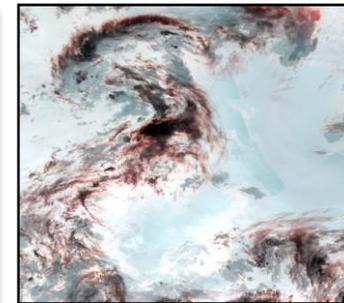
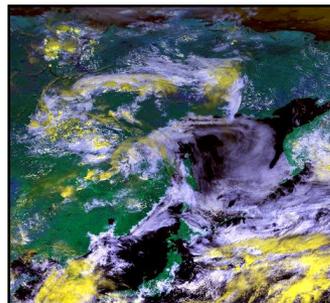
[5] Moraux A. et al. Deep Learning for Precipitation Estimation from Satellite and Rain Gauges Measurements //Remote Sensing. – 2019. – Т. 11. – №. 21. – С. 2463.

[6] Mecikalski J. R., Bedka K. M., Koenig M. Best practice document //EUMETSAT Convection Working Group Version. – 2012. – Т. 2.

Используемые данные

Himawari-8

Прибор АHI – видимый и ИК диапазоны
0.65 – 2.25 мкм (отражающая способность)
3.9 - 13.3 мкм (яркостная температура)
Разрешение: 2 км, 10 мин.

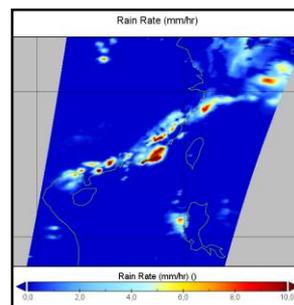


Прогностическая модель GFS

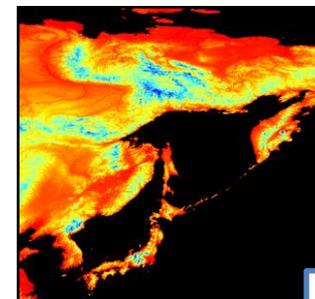
Разрешение: 0.25°, 3 ч.
Интерполируется по времени до 10 мин.
с использованием алгоритма оптического потока по методу Брокса

NOAA-18, NOAA-19, Metop-A, Metop-B, Suomi-NPP

Приборы AMSU, ATMS – микроволновый диапазон
Программный комплекс MIRS, продукт «rain rate»
Разрешение: 15 км



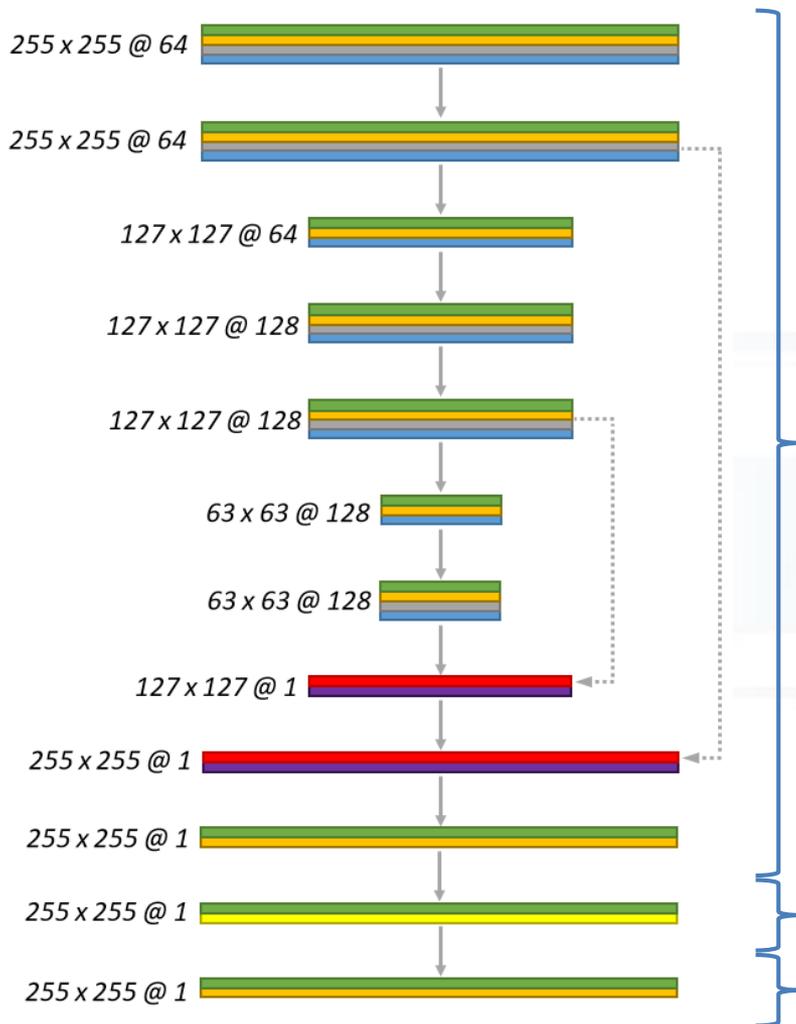
Цифровая модель рельефа
Разрешение: 2 км



Данные pluвиографов наземных метеорологических станций
Измерения мгновенной интенсивности осадков, мм/мин.

Алгоритм

Нейросетевой сверточный автоэнкодер*



Convolutional	Операция свертки
Batch Normalization	Пакетная нормализация
Transposed Convolution	Транспонированная свертка
Concatenate	Объединение тензоров
ReLU	Передающая функция
Sigmoid	Передающая функция
Zero Padding	Заполнение границ нулями

Блок-экстрактор для извлечения признаков из входных параметров

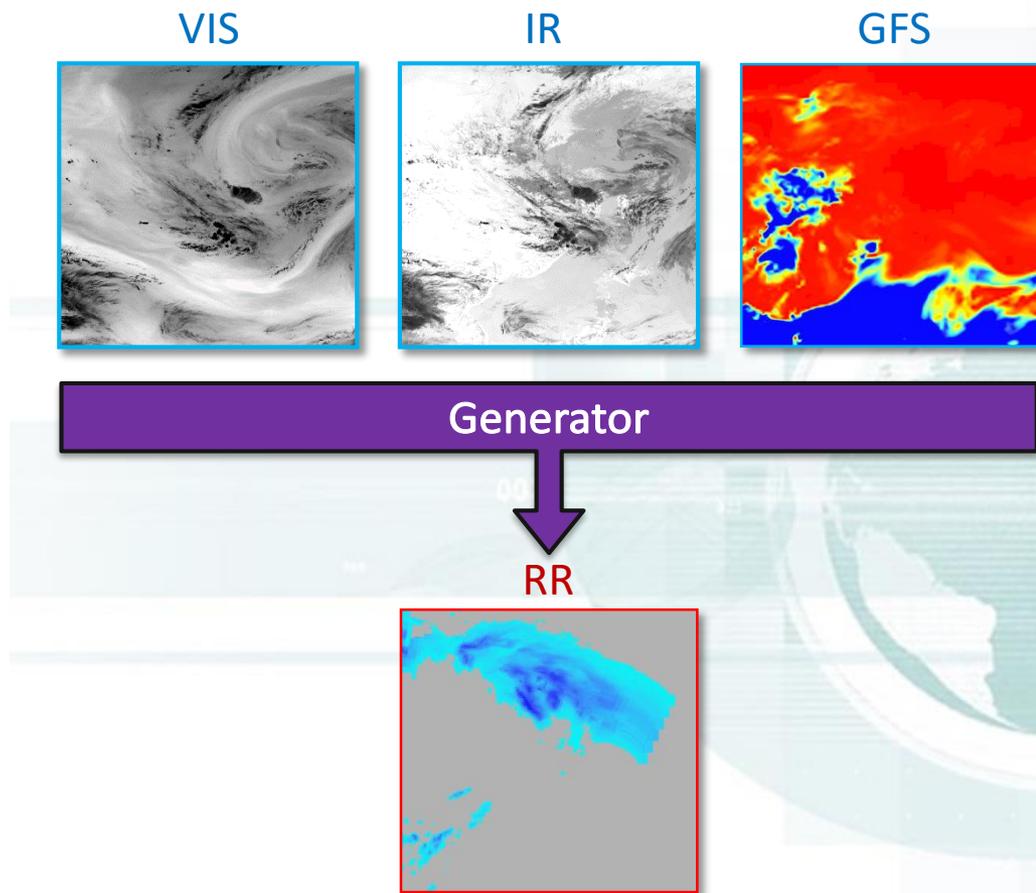
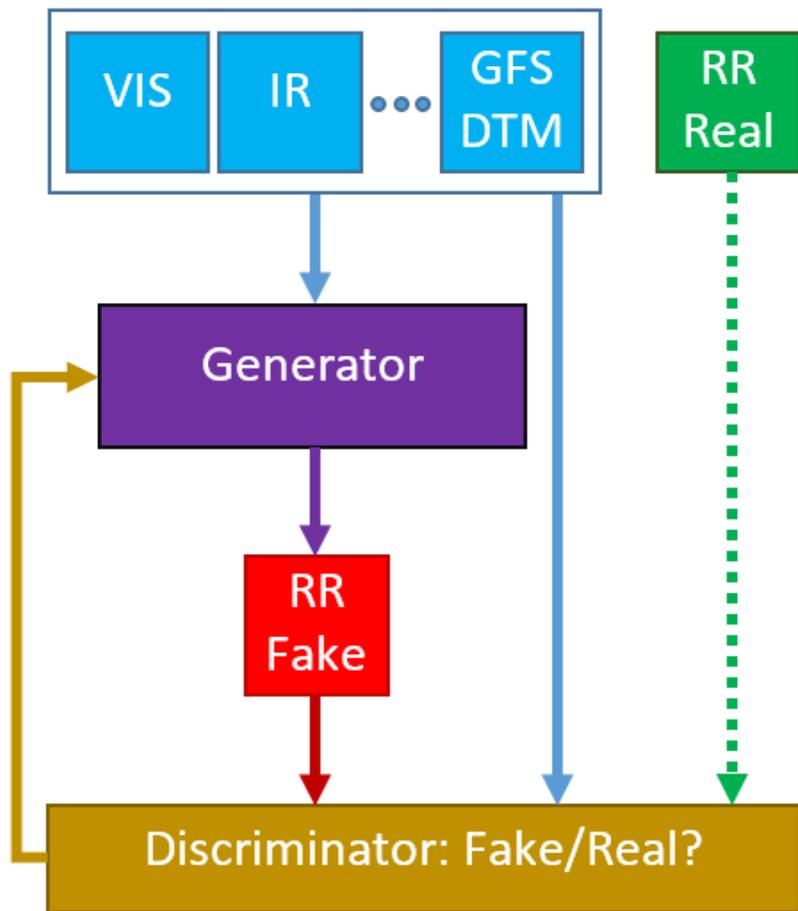
Классификатор осадкообразующей облачности

Блок регрессии

*Hayatbini N. et al. Conditional Generative Adversarial Networks (cGANs) for Near Real-Time Precipitation Estimation from Multispectral GOES-16 Satellite Imageries—PERSIANN-cGAN //Remote Sensing. – 2019. – Т. 11. – №. 19. – С. 2193.

Алгоритм

Генеративно-состязательный метод обучения нейронной сети



- VIS – каналы видимого диапазона
- IR – каналы ИК диапазона
- GFS – прогностические данные
- DTM – цифровая модель рельефа
- RR – интенсивность осадков

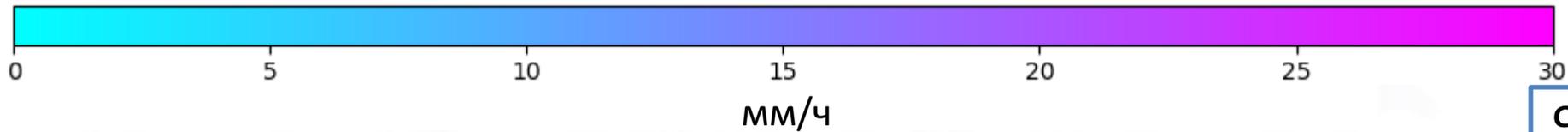
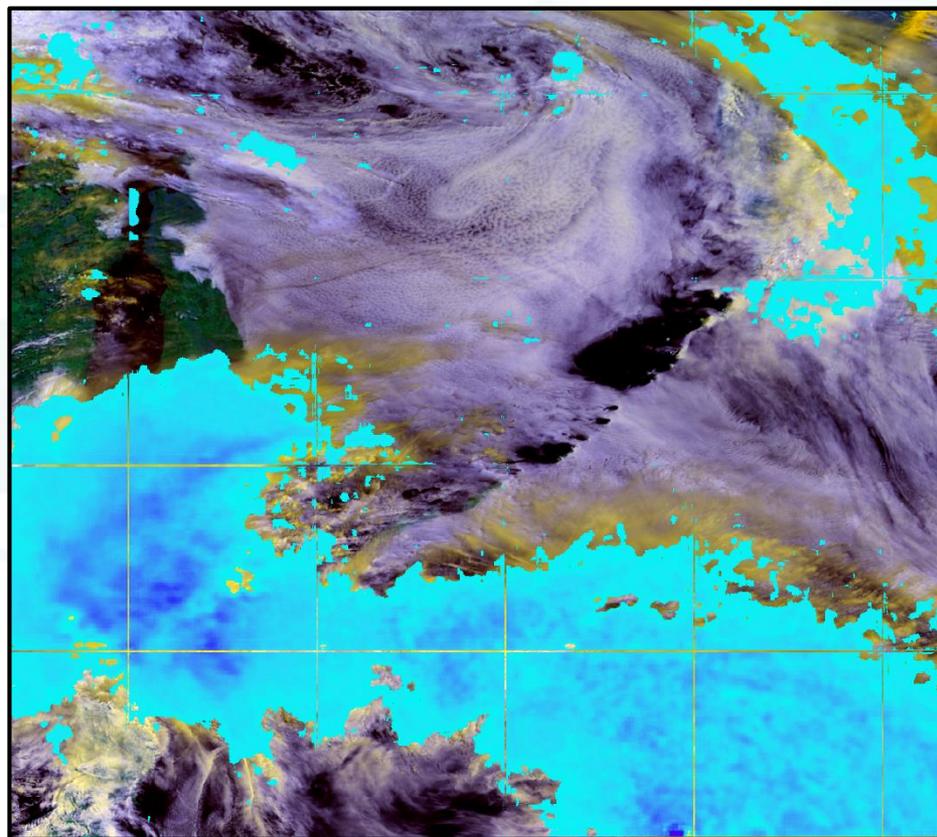
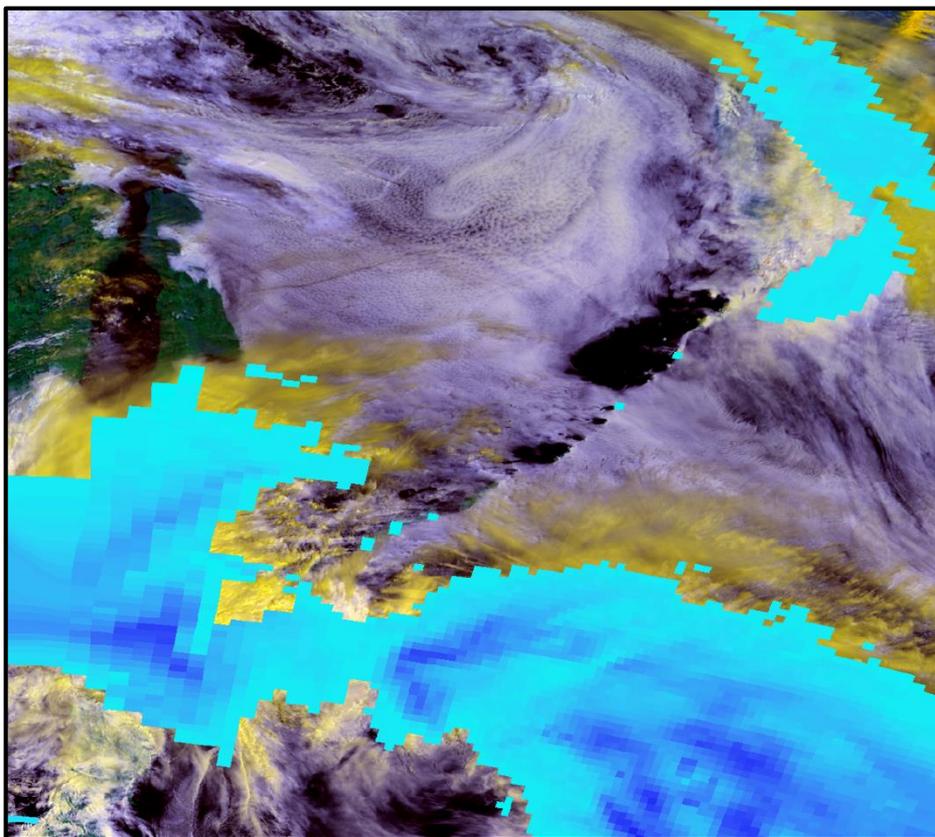
**Isola P. et al. Image-to-image translation with conditional adversarial networks //Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2017. – С. 1125-1134.*

Результаты

Интенсивность осадков
12-06-2018 0-40 UTC, мм/ч

Metop-A, MIRS

Himawari-8

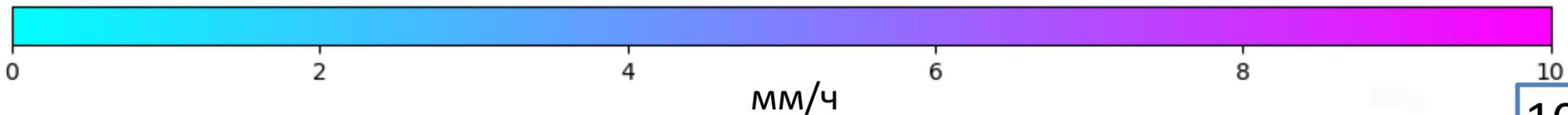
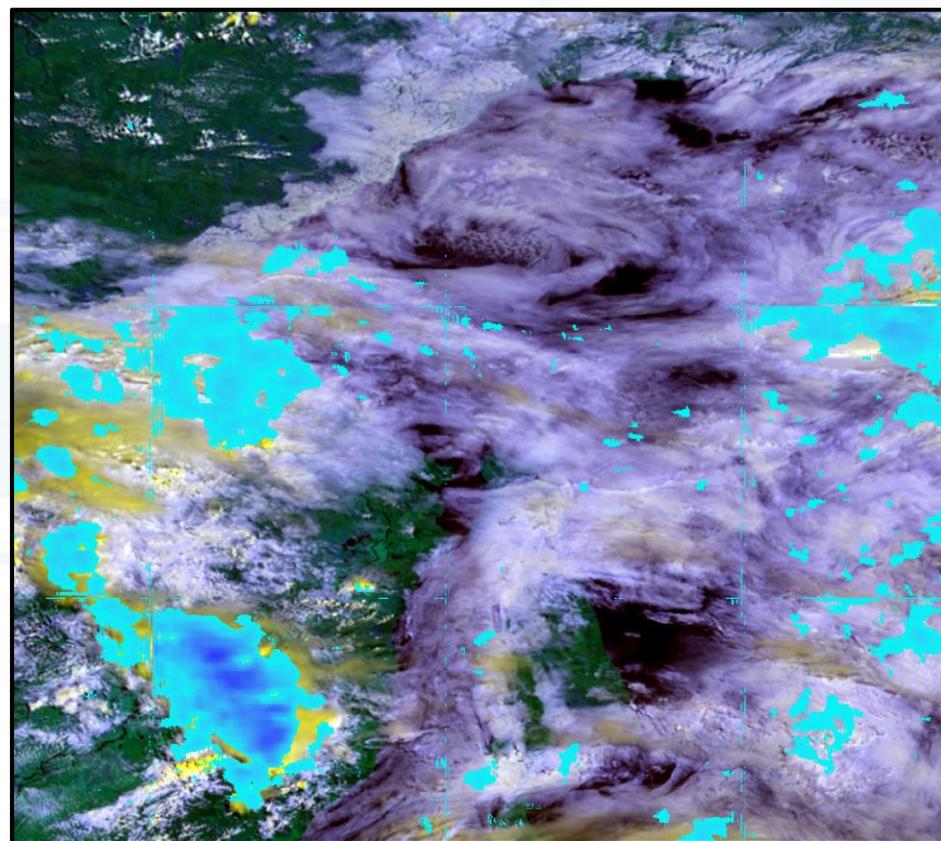
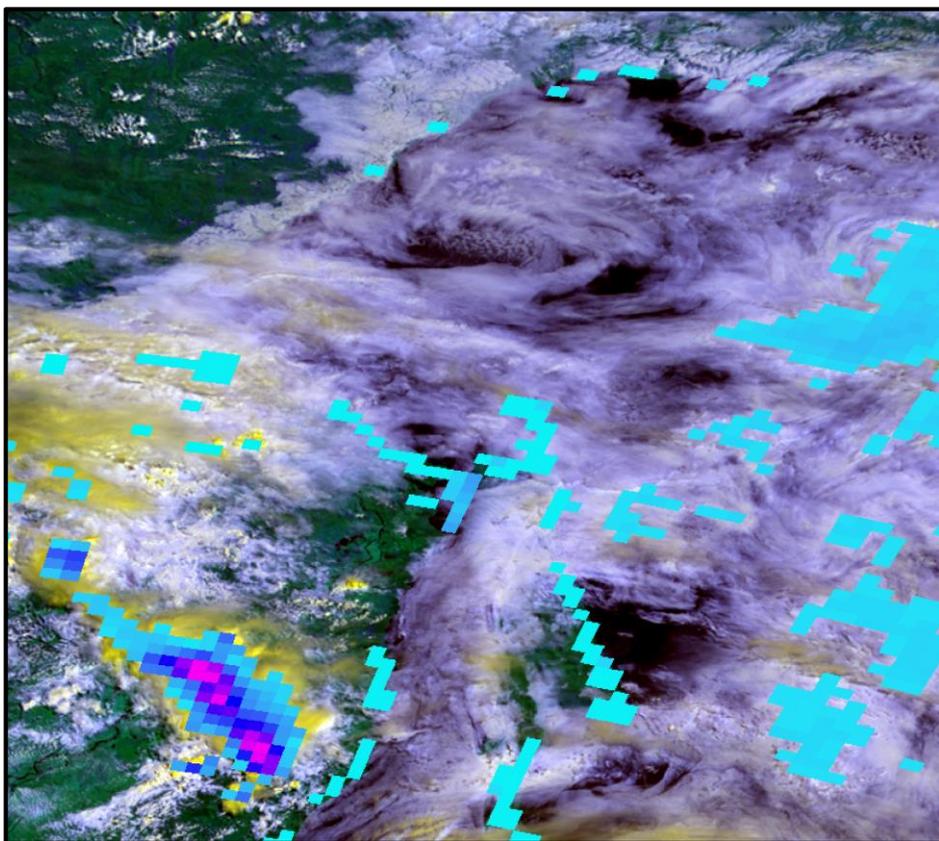


Результаты

Интенсивность осадков
1-07-2018 0-40 UTC, мм/ч

Metop-A, MIRS

Himawari-8



Дальнейшие исследования

В настоящее время алгоритм находится в стадии активной разработки, планируется проведение дальнейших работ по следующим направлениям:

- Влияние различной априорной информации на точность получаемых результатов;
- Использование генеративно-состязательного подхода при обучении модели нейронной сети;
- Сглаживание границ на расчетной сетке;
- Возможность комбинирования данных радарных и спутниковых наблюдений;
- Валидационная оценка точности определения интенсивности осадков будет проводиться по данным плювиографов наземных метеорологических станций.

Заключение

В работе исследуется метод, позволяющий детектировать потенциально осадкообразующую облачность и производить оценку интенсивности осадков по данным прибора ANI KA Himawari-8.

Разработка алгоритма поможет компенсировать недостаток данных наземных измерений и, тем самым, повысить точность прогнозов.

Разработанный алгоритм планируется использовать в составе разрабатываемого комплекса по краткосрочному прогнозированию осадков и опасных погодных явлений по спутниковым данным.



Научно-исследовательский центр «Планета»
Дальневосточный центр

Спасибо за внимание!

Дальневосточный центр ФГБУ «НИЦ «Планета»
Россия, г. Хабаровск, ул. Ленина, д. 18
тел.: 8-(4212) 21-43-11
факс: 8-(4212) 21-40-07
e-mail: a.andreev@dvrspod.ru
<https://www.dvrspod.ru>